

## Les images sont-elles trompeuses ?

Daniel Kunth, Institut d'Astrophysique de Paris

*L'Université des Sciences en Ligne (Unisciel) créée sous l'impulsion du Ministère de l'Enseignement Supérieur a pour vocation de proposer des ressources pédagogiques dans le domaine des sciences fondamentales. Il s'agit souvent de courtes vidéos où l'on voit des chercheurs débattre entre eux sans la présence d'un animateur. C'est ainsi que J.F. Colonna, mathématicien, professeur à l'école Polytechnique et Daniel Kunth astronome à l'Institut d'Astrophysique de Paris ont échangé sur le statut des images scientifiques<sup>(1)</sup>. Nous avons demandé à Daniel Kunth de bien vouloir nous faire part de son point de vue.*

### De l'importance des images scientifiques

Les astronomes sont des producteurs d'images. En contact direct avec l'Univers, ils le sont par le truchement quasi-exclusif de la lumière. C'est à partir des images que nous cherchons à comprendre le monde.

La période actuelle se caractérise par la production d'une avalanche d'images que ce soit au télescope lorsque nous parlons "d'observation visuelle", d'autres supports (photographiques, numériques) voire des situations plus conceptuelles (simulations par ordinateurs, publications scientifiques). Notons tout de même, qu'entre chercheurs, l'image "couleur" joue un rôle limité. Elle est surtout une aide à la perception et le support nécessaire en vue de la conceptualisation. Quand le profane feuillette des publications de spécialistes, il demeure extraordinairement déçu : peu d'images, mais des courbes, des graphes, des équations et beaucoup de texte forment l'essentiel des articles scientifiques.

Encore que dans les plus récentes publications de l'astrophysique, le nombre d'images a crû considérablement. Nous, professionnels, restons soucieux d'une certaine forme d'image. Que ce soit celle d'une nébuleuse, d'une galaxie ou qu'elle résulte de calculs théoriques, l'image concourt à valider la qualité de la mesure puis à élaborer une vision plus profonde de l'Univers et à l'appréhender. L'image donne un cadre pour penser l'objet. Pour ce faire, nous traquons le détail de plus en plus fin, et surtout l'invisible.

Pourquoi l'invisible? Car en réalité, le domaine dit "visible" n'est qu'un domaine restreint du spectre électromagnétique. Si même nous continuons à parler de "vision", nous mettons en œuvre la totalité du spectre électromagnétique, depuis les rayons X jusqu'à l'infrarouge, en passant par les couleurs de

l'arc-en-ciel, qui à elles seules cristallisent notre capacité à "voir".

La science ne peut se passer de cette "vision" dans tous les sens du terme. Que serait, pour nous, l'Univers si nous n'avions pour le connaître que l'usage de l'ouïe et du toucher ?

Pourrions nous imaginer les étoiles, le cosmos?

Le sens de la vision est donc fondamental pour approcher la réalité y compris dans la discipline qui mobilise la simulation numérique. Les équations qui, par exemple, régissent les mouvements des planètes peuvent être introduites dans un ordinateur et les résultats de ces calculs forment une expérimentation "virtuelle". Cette nouvelle approche, de par les progrès de l'informatique lors des dernières décennies, est source de résultats de plus en plus nombreux. Il revient à notre intelligence d'essayer d'en faire une synthèse et de les montrer. L'image s'impose naturellement avec les dangers qui lui sont associés.

### De quel danger parlons nous?



Fig.1. La galaxie NGC 2997 photo NASA.

Les images de nébuleuses sont belles et colorées mais opèrent comme un leurre, car le public pourrait avoir le sentiment erroné qu'elles sont ce qu'il verra dans le ciel.

Il est d'ailleurs difficile de repérer de quelle manière le public ressent une image. L'image transmet les défauts de l'instrument qui les produit comme les aigrettes des étoiles brillantes ou encore la dimension apparente des étoiles qui laissent croire qu'on perçoit leur véritable diamètre. Les galaxies spirales et leurs contours flous n'induisent-elles pas un sentiment de fuite et d'évasion ? Ni la profondeur, ni les dimensions des objets cosmiques ne sont déchiffrables en tant que telles sur les images et nombre d'interprétations erronées en découlent.



*Fig.2. Sur cette image, des étoiles qui semble presque se toucher alors qu'elles sont à des distances considérables les unes des autres.*

Beaucoup de gens, y compris parfois les scientifiques eux-mêmes, prennent les images pour la réalité. Or l'image n'est pas la réalité ! Elle procède d'une invention, d'une mise en scène. Il ne s'agit certes pas d'épouser ici un point de vue "relativiste" en avançant que l'image dépend d'une culture ou d'une réalité dite "sociologique", mais plutôt de l'état d'une technique qui, à un moment donné, permet qu'un protocole particulier soit mis en place.

Il suffit d'ailleurs de chausser des lunettes à verres teintés de rouge pour voir le monde autrement que si l'on chausait des lunettes bleues, jaunes ou polarisées. Tout le monde a déjà vécu cette expérience. Au moyen de choix et de protocoles très précis, nous obtenons des images pensées à l'avance qui contiennent potentiellement des découvertes fortement anticipées (et qui n'excluent évidemment pas les surprises et découvertes fortuites, dites "par sérendipité"). L'adéquation entre la pensée et

l'image obtenue est à l'origine de la "découverte" et de la consolidation des hypothèses qui servent de socle à une théorie.

La réalité n'est reconstituée qu'à partir de ces vues partielles, analysées, interprétées, mises bout à bout afin de rechercher une globalité. D'une manière analogique et en forçant la comparaison, chaque image est comme la dualité onde-corpuscule qui ne dit rien de plus d'un photon, que la dualité canard-marmotte ne nous dit de cet animal si atypique qu'est l'ornithorynque.

## Du codage des images scientifiques

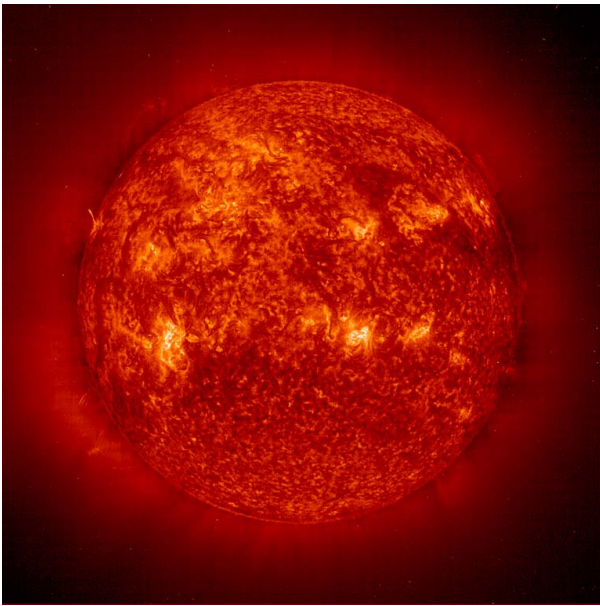
La situation se complique encore lorsque les longueurs d'onde que nous recevons se situent en dehors du spectre visible. Et dans un futur peut-être proche, nous aurons aussi à "montrer" les ondes gravitationnelles. Le public à cet égard, manque cruellement d'information.

Jean-François Colonna, avec qui j'échangeais ces points de vue, faisait remarquer à quel point la simulation numérique produit de "belles images". Il se fait un plaisir de les placer sur Internet afin que tous puissions en profiter, bien qu'il n'ait pas le temps de toutes les commenter.

Les commentaires restent néanmoins essentiels. J'ai ce sentiment toujours très vif en voyant l'image de la Terre, obtenue depuis un satellite. Elle est devenue si banalisée que personne ne songe plus que nous sommes les premières générations à "voir" cette planète ronde, isolée et si bleue. Cette image souligne à quel point nous sommes responsables de notre planète. Image saisissante, fruit de la conquête spatiale du siècle dernier.

Une des difficultés majeures liée à l'interprétation concerne le codage des couleurs.

Il est vrai que loin d'une tromperie avérée, nous sommes souvent en situation d'égarer involontairement le public. L'infrarouge est invisible et pour montrer les images en infrarouge de planètes ou de galaxies, il faut produire des cartes "analogiques". Soit en ayant recours à des courbes de niveaux qui expriment les variations d'intensité pour une longueur d'onde donnée, soit en révélant les variations de longueurs d'onde d'un point à l'autre de l'objet en utilisant à cette fin les couleurs du visible. Ce procédé vaut pour tous les domaines, que ce soient les rayons X, la radio ou les rayons gamma.



**Fig.3.** Comme l'image ne le suggère pas, le Soleil en ultraviolet (30,4 nm) par SOHO image NASA.

Les images numériques sont, quant à elles, des séquences de valeurs et afin de les montrer aux collègues, à ses élèves ou au public, des choix sont nécessaires, y compris dans le domaine des formes.

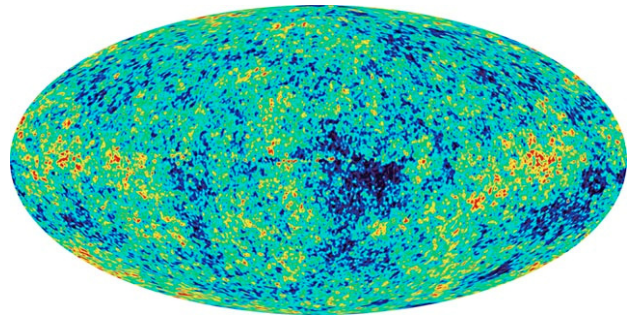
Pour les couleurs, les questions auxquelles on doit répondre peuvent apparaître absurdes, ponctuait Jean François Colonna : quelle est la couleur des chiffres ? Quelle est la couleur du chiffre 3 ? Bleue, rouge ? Le choix reste arbitraire, mais nécessaire, afin de produire l'image de notions parfois très abstraites comme par exemple, la pression de l'air au-dessus de la table qui se trouve devant nous.

Malheureusement, il arrive que ces choix, pour arbitraires qu'ils soient, induisent des fausses représentations (des objets ou des formes qui n'existent pas dans la réalité).

D'une manière plus précise, lorsque nous montrons le rayonnement fossile, cette lueur émise 380 000 ans après le Big Bang, nous procédons à un double codage. Le premier est une traduction dans le visible d'un rayonnement reçu dans le domaine des ondes radio et l'autre vient de la nécessité de représenter des fluctuations d'intensité qui, d'un point à un autre, n'excèdent pas 1/100 000. Comment visualiser des écarts aussi faibles, mais pour autant significatifs pour l'évolution ultérieure de notre Univers ?

Les astronomes ont décidé de coder en bleu les régions les moins intenses et en rouge les autres. Mais pour le public, ce contraste est immense. Le bleu est presque à l'opposé du rouge. Chacun pense que le bleu est très froid et le rouge très chaud alors

que les différences sont minimales et que c'est en fait ici l'inverse qui se produit.

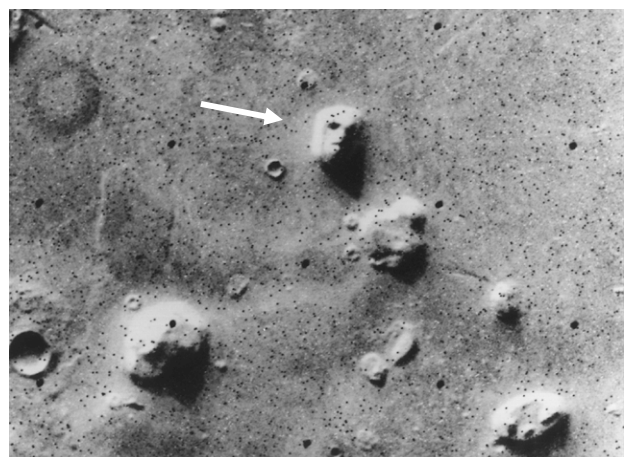


**Fig.4.** Image du rayonnement fossile en radio Image NASA.

## La réalité non représentable

Le choix des formes est tout aussi problématique. Afin de montrer ce que l'on croit être l'intérieur d'un photon, il faut choisir une forme. Mais à quoi ressemble un photon ? Car en fin de compte, la réalité est mieux représentée par un objet mathématique (tenseur, matrice) que par une forme analogique, mais elle demeure pour chacun d'entre nous "non - représentable mentalement".

Tout se joue dans les choix que nous opérons et qui sont confrontés à une reconstitution mentale à priori. Il y a des choses que l'on *croit voir* parce qu'on *veut* les voir. Chacun se souvient des images de Mars transmises par la sonde Viking 1 en 1976, ou certains croyaient reconnaître un visage (figure 5).



**Fig.5.** Image du 25 juillet 1976 prise par la sonde Viking 1. Certains y ont vu un visage (flèche) photo NASA.

Lorsque la résolution de l'image a augmenté, le visage a bien entendu disparu. Vigilance et travail vont de pair. L'image n'est souvent que support à l'intuition tout en nécessitant une validation permanente que seul le travail scientifique peut offrir dans ce contexte.



Fig.6. Le "visage de Mars" dans la région de Cydonia pris par Mars Express, photo ESA.

Chacun s'émerveille à la vue d'une comète, d'une nébuleuse, mais les rapports affectifs et émotionnels diffèrent d'une personne à l'autre. À l'inverse, on ne peut agir sans émotion, la pensée seule ne suffit pas. Déjà au début du XIX<sup>e</sup> siècle, le grand cosmologiste E. Hubble, à qui l'on doit la loi de l'expansion de l'Univers, publiait des photos de galaxies sans nécessité évidente pour les besoins de sa démonstration. Leur présence réalise pourtant un lien affectif entre l'expérience et la théorie qu'elle soutient. Elle éclaire le lecteur et permet d'enclencher d'autres processus associatifs (ici la "fuite" des galaxies) que la pure donnée chiffrée ne peut à elle seule susciter.



Fig.7. Galaxie NGC 1232.

Si finalement les scientifiques recourent aux images, c'est sans doute parce que plus la science se développe, plus elle devient contre intuitive. Elle échappe au bon sens commun. L'exemple le plus frappant concerne le comportement des particules de la mécanique quantique. Il nous faut accepter d'aller dans des registres d'abstraction de plus en plus profonds. Certains s'y sentent très à l'aise, d'autres pas.

## Images au service de la science ou de l'art ?

La plupart des images de science sont-elles belles et esthétiques ? J'ai parfois cru, au moins pour l'astronomie, que ces images s'apparentent à l'art. Aujourd'hui je n'accepte plus cette idée. Si

esthétique il y a, il faut accorder à l'art un statut différent. L'art procède d'abord d'une pensée. L'artiste pense. Il ne cherche pas nécessairement à produire une œuvre qui soit "jolie" ou esthétique. À l'inverse, une image pour si belle qu'elle soit, et c'est souvent le cas en astronomie, n'est pas une production artistique pour autant. Le scientifique se donne le but de comprendre la nature d'un objet et les lois physiques qui le gouvernent, indépendamment de sa qualité d'homme. L'artiste tend surtout à exprimer son *monde intérieur* par le truchement éventuel de l'objet, et ce n'est pas forcément l'objet qui l'intéresse mais *in fine* son monde intérieur qu'il exprime et projette. *Sa vision du monde l'emporte sur le monde.*

Certains scientifiques tentent parfois (c'est le cas de J-F Colonna) de détourner les images qu'ils produisent pour développer ce qui serait comparable à une œuvre d'art. Ils recherchent au-delà des modèles numériques qu'ils produisent l'œuvre potentielle qu'ils recèlent. C'est le cas, peut-être, des images fractales de B. Mandelbrot. Mais je reste personnellement très sceptique sur ce risque d'amalgame et constate en tous cas que ces approches restent minoritaires parmi les scientifiques et largement ignorées de la majorité des artistes. Plus fructueuse, me semble être la démarche conjointe d'un artiste et d'un scientifique autour d'un projet factuel, qu'ils abordent en commun et où chacun respecte l'identité de l'autre.

## De la nécessité de transmettre et de communiquer

Les professionnels, paradoxalement, ne voient jamais les images qui fascinent au plus haut point le public et les astronomes amateurs. Techniquement, leurs télescopes dotés de miroirs géants ont des focales tellement grandes que la région du ciel qu'ils enregistrent est très petite, contrairement aux lunettes d'amateurs, dont le grand champ embrasse la totalité des objets les plus brillants du ciel. De surcroît, l'astronome obtient des clichés numériques (ou photographiques) codés en noir et blanc, obtenus à travers des filtres colorés différents et/ou recalculés selon un processus souvent très complexe. L'objet céleste devient d'une certaine manière, tout comme l'objet quantique, une réalité à laquelle nous avons nous-mêmes donné forme.

Les images professionnelles sont donc très éloignées de celles produites pour des motifs pédagogiques. Celles que l'on montre dans les magazines ou lors d'exposés de vulgarisation scientifique sont retravaillées dans des codes couleurs proches de la vision normale.

Ce besoin d'image procède d'un double enjeu :

- En interne, il permet de visualiser les calculs de nos ordinateurs. Les astronomes ou des physiciens des particules récupèrent des milliards de valeurs numériques qu'il s'agit de comprendre, visualiser et synthétiser. Mais un simple "listing" demeurerait incompréhensible, y compris pour le scientifique lui-même qui doit, dès lors, forger parallèlement de nouveaux logiciels, afin d'explorer ces valeurs numériques délivrées en "blocs" ou "cubes" de données.

Les astronomes explorent de cette manière toutes les "temporalités" (évolution temporelle de l'Univers depuis le Big Bang), les températures d'un astre, sa composition. Ils peuvent également simuler l'évolution de galaxies dans le temps et dans l'espace, avec des milliards de particules virtuelles, chacune figurant une simple étoile. Les équations que l'on introduit dans ces modèles sont bien plus intelligentes que nous et finissent par nous montrer des choses que nous n'anticipions pas au départ.

- En externe, l'enjeu est de rendre intelligible la science qui se fait. Sans ces supports visuels, les sciences seraient opaques au plus grand nombre. Les images servent à illustrer les applications les plus essentielles de la vie courante, là où les mathématiques sont essentielles, comme l'usage du GPS, le scanner, l'IRM, etc.

Les astronomes ont depuis longtemps décidé d'ouvrir leur pratique au plus grand nombre. Ils sont certes aidés par la beauté de l'Univers, et très souvent amenés à justifier leur activité. À quoi sert

l'astronomie, me demande-t-on souvent ? J'aime répondre que nous observons les astres parce qu'ils sont là. Sans autre raison. L'Homme, depuis l'aube des temps, n'a jamais accepté de vivre dans un monde qu'il ne connaît pas, voire ne maîtrise pas. Il y a d'autres arguments bien sûr, et ce n'est certes pas un hasard si les services de communication passent beaucoup de temps à produire des images. La NASA est un bon exemple de cette attitude destinée à rassurer le contribuable et à doter le peuple américain d'une légitime fierté quant à la place des USA dans le concert des nations. Les Européens ont plus de mal à se plier à cette obligation de faire savoir. Mais la compétition internationale s'amplifiant sans cesse, de nombreux chercheurs savent le poids d'un communiqué de presse dans la diffusion de leurs résultats et y recourent.

### **Trompeuses mais nécessaires ?**

L'image est évidemment nécessaire. Mais il reste toujours un hiatus entre nos images et le réel. Car nos sens restent bien en deçà de la capacité de notre cerveau à se représenter le réel. C'est bien la raison pour laquelle les mathématiques ont été inventées. Sans doute nous manque-t-il un ou plusieurs sens qui nous permettraient de "voir" beaucoup plus encore !

(1) La vidéo de l'échange se trouve à l'adresse :

<http://www.unisciel.fr/pg/groups/7187/les-images-scientifiques-sontelles-trompeuses/> ■